

하중조건을 고려한 제주 화산암지대의 지반 안정성 평가

한희수¹ · 백 용^{2*}

¹국립금오공과대학교 토목공학과 교수, ²한국건설기술연구원 선임연구원

Ground Stability Evaluation of Volcanic Rock Area in Jeju according to the Loading Conditions

Heuisoo Han¹ · Yong Baek^{2*}

¹Professor, Department of Civil Engineering, Kumoh National Institute of Technology

²Director, Multi-Disaster Countermeasure Research Center (KICT)

Abstract

This paper is written to evaluate the ground stability according to the construction of Jeju 2nd airport. Sumgol is the unique characteristics of Jeju soil, which is used to evaluate the ground stability of the airport. The research contents are as follows. 1) The geotechnical characteristics for Jeju 2nd airport was analyzed, and the Sumgol and geotechnical properties were calculated based on the existing geotechnical survey data. 2) The divided sections of Jeju 2nd airport were modeled to evaluate the ground stability after determining the section (runway and airport facilities) which have the different soil and loading properties. 3) The stability and deformation ranges of the airport ground were identified through numerical analysis. The entire airport was divided into three sections to analyze the stability of Jeju 2nd airport, and calculated the stresses, settlements, and strains of each section by computer numerical analysis modeling. For modeling, the ground and load conditions were examined, also pavement conditions for each airport ground section were examined. From the analysis results of each section according to the ground conditions, the vertical settlements were analyzed as 0.11~0.18 m and the sum of effective stress and pore water pressure were 92.75~445 kPa. These results were made by taking into account the Sumgol of the bottom ground without reinforcement, also the soil strength parameters of the airport ground were reduced for computer modeling. Therefore, if proper reinforcements are applied to the ground of Jeju 2nd airport, sufficient airport ground stability can be secured.

Keywords: Jeju 2nd airport, ground stability, Sumgol, pavement, numerical analysis

OPEN ACCESS

*Corresponding author: Yong Baek
E-mail: Baek44@kict.re.kr

Received: 21 April, 2021
Revised: 21 May, 2021
Accepted: 24 May, 2021

© 2021 The Korean Society of Engineering Geology



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

초 록

본 논문은 SOC시설물 건설에 따른 지반 안정성을 평가한 논문으로, 기존 지반 및 습골 조사결과에 따른 지반 물성치를 이용하여 SOC시설물 하부지반의 안정성을 평가한 것이다. 연구내용은 다음과 같다. 1) 기존 지반조사 자료를 기반으로 지반현황을 분석하여 습골 및 지반 물성치를 산정하였다. 2) 수치해석을 통한 지반의 안정성 및 변형 범위를 파악하였다. 3) 지반안정성 해석단면(대형장비 주행로) 결정 후 단면에 대한 모델링을 하여, 지반 안정성을 평가하였다. 본 연구는 SOC시설물 전체 부지를 크게 3개의 단면으로 나누어 해석하였으며, SOC시설물 하부지반의 각 단면별 지반, 하중조건 및 포장조건을 파악하여 컴퓨터 수치해석 모델링을 통해 응력, 침하량, 변형률을 산정하였다. 현 지반 조건에 따른 각 단면별 해석결과, 침하량은 0.11~0.18 m, 전응력은 92.75~445 kPa로 해석되었다. 이 결과들은 하부지반의 습골을 고려하여 지반의 강도 정수를 감소시켰을 뿐 아니라, 하부지반의 보강이 없는 조건으로 해석한 결과

이므로, 적절한 하부지반의 조건을 고려하여 약액주입 등의 간단한 지반 보강만으로 충분한 SOC시설물 지반 안정성을 확보할 수 있다.

주요어: SOC시설물, 지반안정, 약액주입, 포장, 수치해석

서론

제주 SOC시설물 대상 지역인 제주특별자치도 서귀포시 성산읍 일원의 대상 지역은 장축 74 km와 단축 32 km를 갖는 타원형으로, 하부 지반에 다양한 형태로 존재하는 투수성 지반인 습골을 보유하고 있다. 이는 많은 지하 투수량과 지반강도저하를 유발할 수 있어 SOC시설물 건설 시 큰 문제점이 되므로, 이를 고려한 상세한 지반안정성을 평가할 필요가 있다.

그러므로 기존 지반 및 습골 조사결과를 기반으로 지반 물성치를 도출한 후, 이를 이용하여 SOC시설물 건설 시 하부지반의 안정성을 수치해석적 모델링을 통해 습골 상부 지반의 안정성 및 변형 범위를 파악하였다.

본 연구는 기존 지반 및 습골 조사결과로부터 도출된 지반 물성치에 따른 수치해석모델을 통한 지반의 안정성 및 변형 범위를 파악할 수 있는 지반 모델을 선정하였다. 이 지반 모델을 기반으로 가장 취약하다고 판단된 지반 상부에 SOC시설물 건설에 따른 대형장비주행로 및 SOC시설물 존재 시 지반 안정성을 평가하였다. 대표적 취약구간으로, 대형장비 주행구간, SOC시설물, 연약지반 등을 해석하였다. 이에 따른 하부지반의 지반 안정성을 평가하였다.

제주도 대상지역의 지반 조건

지형 및 지질

Fig. 1은 연구대상 지역인 행정구역상 제주특별자치도 서귀포시 성산읍 일원에 해당되는 곳으로 위성사진 및 습골 분류에 따른 안정성 검토 선정 지역을 나타낸 것이다. 대상 지역은 한라산을 정점으로 한 방사형을 이루는 제주도 동쪽 가장자리 위치하고 있다. 해발표고는 20~70 m 정도의 저지대에 해당되고, 북서고-남동저의 완만한 지형경사를 이루고 있다. 본 조사지역 및 주변 1 km 이내에 형성되어 있는 수계는 없으며, 제주도의 동쪽에는 전반적으로 하천의 발달이 미약한 편이다. 해안과의 거리는 약 1 km 이격되어 있으며, 조사지역 내에는 대부분 농경지로, 규모가 작은 경작지들이 밀집되어 있다. 연구지역은 다공질 현무암으로 기공의 크기는 0.3~0.5 cm로 원형이다.

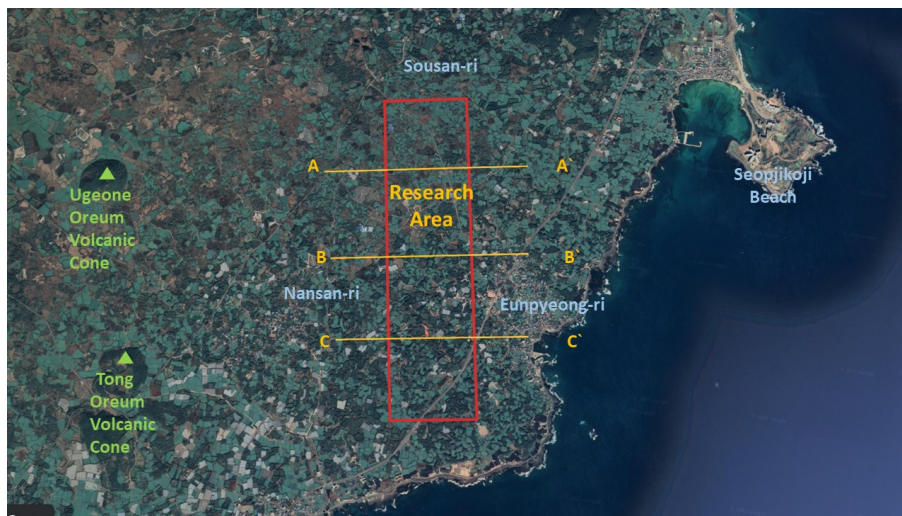


Fig. 1. Map of study area.

해석 단면

지반 조사를 통한 습골의 형태 및 분포를 반영하여 3곳의 대표 분석 지역을 선정하였으며, 기존 시추조사 결과를 이용하여 지반 물성치를 적용하였으며(Daewoo Engineering, 2008; KNHC, 2009; Yushin Corporation, 2011; Jeju Island, 2014; Kolon Golbal, 2016), 지반 안정성 해석단면(대형장비 주행로 및 SOC시설물) 모델링 및 컴퓨터 수치해석 모델 자료로 활용하였다.

연구 대상 영역 내 습골의 형태를 3가지로 구분하고 각 습골의 분포를 고려하여 SOC시설물 안정성 검토를 위해 전체 부지 내 3개의 지역을 선정하였다(Fig. 1 참조). 지반 안정성 검토를 위해 선정된 지역의 각 대표 단면은 기존 시추조사 결과와 선정된 지역별 용도에 따른 포장층을 바탕으로 결정하였으며, 습골 예상 지역은 조사된 습골 중 최대 3 m 깊이를 설정하였다. Fig. 2는 선정된 지역별 대표 단면을 보여준다.

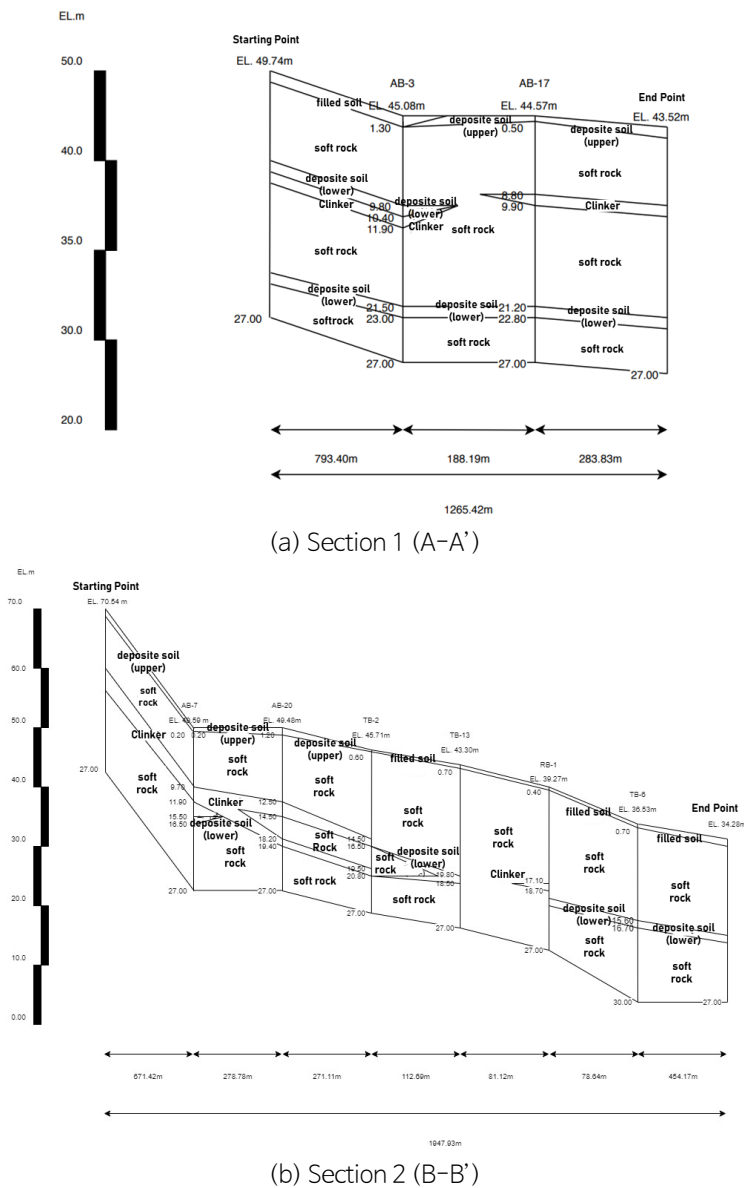
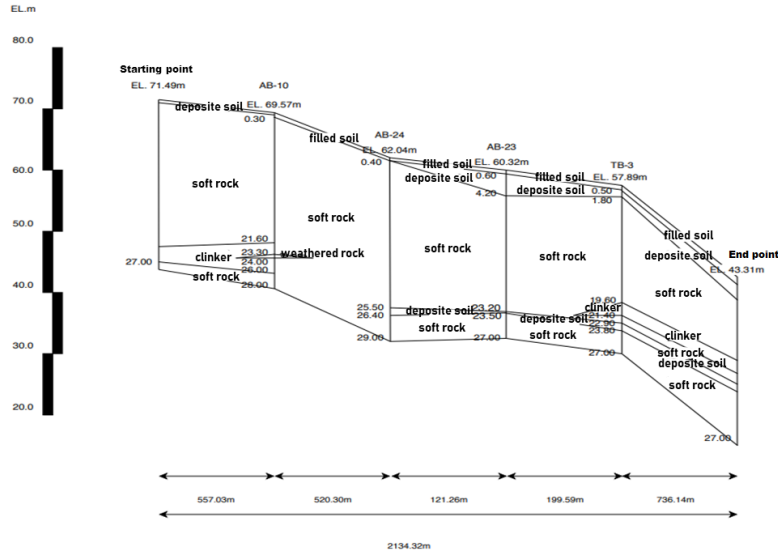


Fig. 2. Representative cross section by selected region.



(c) Section 3 (C-C')

Fig. 2. Continued.

해석 기반 자료는 기존 지반조사 보고서와 기본 계획보고서를 토대로 획득된 내용을 분석하고 결정하였다(Daewoo Engineering, 2008; KNHC, 2009; Yushin Corporation, 2011; Jeju Island, 2014; Kolon Golbal, 2016). 지반 안정성 검토를 위해 기반 자료 내 지반 물성치를 적용하고 상부 지반의 경우 포장층의 물성치는 기본 계획보고서를 참조하여 결정하였다. 제주 지반 안정성 위험요소인 습골의 경우 최대 3 m 깊이를 설정하고 물성치는 지반 특성을 고려하여 암버력과 동일하게 판단할 수 있으나, 암버력보다 물성치가 약한 보조기층의 물성치($E = 114.12 \text{ Mpa}$, $\nu = 0.2$)를 습골의 물성치로 결정하였다. 각 대표 단면별 조사된 물성치를 적용함과 동시에 단면의 단순화 작업을 통해 수치해석 수행에 이용하였다(Table 1 참조).

Table 1. Soil parameters of soil, weathered rock, bed rock

		Unit weight (γ_t , kN/m ³)	Cohesion (c, kPa)	Inner friction angle ($^\circ$)	Young's modulus (Em, MPa)	Poisson's ratio (ν)
Filled material	Soil	19	15	25	-	-
	Rip-rap	20	0	35	-	-
Filled layer		17	5	25	6	0.31
Sedimentary layer	Silty clay (upper)	15	15	15	11	0.40
	Silty clay (lower)	16	30	19	14	0.40
	Silt	15	10	15	14	0.40
	Silty sand	17.5	5	25	11	0.35
	Silty gravel	18.0	5	28	14	0.35
Clinker		18.0	5	32	31	0.35
Weathered rock		20	30	33	150	0.33
Soft rock		23	65	34	200	0.27
Rock		25	100	35	450	0.25

또한 안정성 검토를 위한 대형장비 및 시설물의 하중 조건은 기본 계획보고서 내 최대 설계대형장비 하중(F급, A380-800)으로 결정하였다(NLIC, 2018a, 2018b). SOC시설의 구조물 하중은 구조 계산을 통한 하중 계산이 불가능한 상황으로 1,920 kN을 단위면적당 440 kN/m²의 하중으로 적용하였다. 대형장비와 구조물의 적용 하중, 하중의 작용점 및 안정성 검토를 위한 해석 지점은 단면별 하중 조합을 통해 수치해석 수행에 적용하였다.

지반안정성 평가를 위해 유한요소 해석 프로그램으로 Geoslope - SIGMA/W 프로그램을 사용하였다. 초기 지중 응력에 의한 변형 파악과 각 하중 조건을 적용한 정적 하중 기반 해석을 수행하였으며, 2D 모델링의 선대칭 해석으로 대형장비 하중 지점은 대형장비 타이어 접지면의 중심점을 단면의 시점으로, 시설물의 경우 등분포 하중 조건을 설정하여 분석하였다.

포장층 분석 및 단면 결정

포장설계의 경우 국내 및 해외에서도 널리 사용되고 있는 FAA(NLIC, 2018a, 2018b) 포장설계 매뉴얼을 따라 적용하였으며, 단면 1 지역은 대형장비 주행로가 포함 된 지역으로 포장층은 연성포장을 시공하고 포장층의 분포는 표층 15 cm, 기층 55 cm로 결정하였다. 단면 2와 단면 3의 경우는 대형장비 주차장의 위치로 포장층은 강성포장으로 Concrete slab 41 cm와 시멘트 안정처리층 30 cm로 결정하였다.

본 연구에 사용된 연성포장(아스팔트 포장)의 경우 표층, 기층 및 보조기층 으로 구분된다. 아스팔트 포장(주행로, 유도 로 등)의 기층은 대형장비 하중을 감안하여 안정처리된 연성포장(P-401/P-403)과 쇄석골재기층(P-209)를 적용하였다.

보조기층의 기능은 기층의 경우와 유사하나 포장표층에서 기층보다 하부에 놓이는 관계로 하중지지력과 재료의 요구 조건이 기층과 같이 엄격하지는 않으며, 포장두께 소요에 있어서 보조기층의 CBR 값은 유동적이다. 만약 경제적이고 실제적으로 가능하다면 기층으로 사용가능한 재료는 또한 보조기층으로 사용할 수 있으나, 연성포장의 층 구조는 샌드위치형 구조로 하면 안 되고, 상부층으로 갈수록 재료의 품질이 좋도록 해야 한다. 따라서 본 연구의 보조기층 재료는 P-154를 적용하였다.

콘크리트 포장은 충분한 대형장비하중의 지지력을 확보하여야 하며 포장표면은 미끄러짐을 방지하고 노상으로 표면수가 유입되지 않도록 하여야 한다. 포장의 두께를 설계하기 위한 콘크리트 슬래브의 설계 휨강도를 결정하기 위해 FAA, ICAO, UFC 및 PCA에서 규정하는 기준을 조사하였으며, 설계 휨강도는 28일 재령강도의 110%를 적용함이 타당한 것으로 분석된다. 재령 28일 휨강도 4.5 MPa를 기준으로 설계 휨강도는 10% 증가한 5.0 MPa (710 psi)을 적용하였다.

콘크리트 포장에서의 보조기층의 역할은 포장슬래브에 대한 균등한 지지력을 제공하는데 있으며, 보조기층의 최소두께는 콘크리트포장의 경우 4 inch이나, 지반의 지지력(K값)에 따라서는 높은 품질을 가진 재료 혹은 4 inch보다 더 두꺼운 P-154를 사용하는 것이 바람직하다.

FAA규정에 의하면, 대형장비가 100,000파운드(45,400 kg) 이상일 경우 슬래브 하부에 안정처리층을 최소 15 cm 이상 두도록 권고하고 있으며, 본 연구에 적용한 대부분의 대형장비가 100,000파운드 이상임을 감안하여 슬래브 하단에 시멘트 안정처리층(P-304)를 적용하는 것으로 계획하였다. 시멘트 안정처리층의 7일 압축강도는 400~800 psi (단28일 강도는 1,000 psi를 넘지 않아야 함), 굵은 골재최대치수는 50 mm를 적용한다.

본 연구의 포장단면은 FAA 설계매뉴얼을 준용한 FAARFIELD 프로그램을 적용하여 산정하였으며, 단면 결정시 적용 기준은 포장 설계 수명(20년)과 공용기간 20년을 기준으로 하여 대형장비 운영 횟수 및 하중은 20년간 수요를 이용하여 설계 교통량을 산출하였다. 각 단면별 해석 적용 재료는 다음 Table 2, Table 3과 같다. 수치해석 단면별 포장두께 적용 값은 연성포장 표층, 기층부 총 70 cm이며, 강성포장 슬래브층과 안정처리층부 총 71 cm로 선정하였다(Table 4 참조).

수치해석 모델링 수행을 위한 포장층의 물성치 값은 다음 Table 5와 같다. Table 6은 용도별 포장층의 구성 및 두께를 보여 준다.

Table 2. Flexible pavement section analysis application value

Separation	Material	Flexible pavement
		Runway, Taxiway
Asphalt surface		P-401/P-403 HMA
Asphalt bed		P-401/P-403 HMA
Rip-rap base		P-209
Sub-base		P-154
Subgrade design CBR : 8%		

Table 3. Rigid pavement section analysis application value

Separation	Material	Rigid pavement
		Mooring area
Concrete slab		Design moment 710 psi (5.0 MPa)
Cement stability layer		Young's modulus 500,000 psi (3,500 MPa)
Subgrade bearing capacity (K) : 180 pci (design CBR 8%)		

Table 4. Pavement layer composition and thickness for each section

Separation	Flexible pavement	Separation	Rigid pavement
Section 1	Runway, Taxiway	Section 2,3	Apron
Asphalt surface	15 cm	CON'C SLAB	41 cm
Asphalt bed	20 cm		(considered safety factor)
Rip-rap base	20 cm		
Sub-base	15 cm (considered minimum thickness)	Cement stability layer	30 cm
	70 cm		71 cm

Table 5. Properties of the pavement layer

Separation	Unit weight (γ_t , kN/m ³)	Young's modulus (Em, MPa)	Poisson's ratio (ν)
Asphalt surface (Earthcon)	22.76	1,378.95	0.35
Asphalt bed (Earthcon)	22.96	2,757.9	0.35
Rip-rap base (P-209)	21.88	325.29	0.35
Sub-base (P-154)	21.88	113.26	0.35
Concrete slab	25	5	0.35
Cement stability layer	25	3,447.38	0.35

Table 6. Packing layer composition and thickness

Flexible pavement	Rigid pavement						
Runway, Taxiway	Mooring area						
<table border="1"> <tr><td>Earthcon surface 15cm</td></tr> <tr><td>Earthcon bed 20cm</td></tr> <tr><td>rip-rap base (P-209) 20cm</td></tr> <tr><td>Sub-base (P-154) 15cm</td></tr> </table>	Earthcon surface 15cm	Earthcon bed 20cm	rip-rap base (P-209) 20cm	Sub-base (P-154) 15cm	<table border="1"> <tr><td>CON'C SLAB 41cm</td></tr> <tr><td>Cement stability layer 30cm</td></tr> </table>	CON'C SLAB 41cm	Cement stability layer 30cm
Earthcon surface 15cm							
Earthcon bed 20cm							
rip-rap base (P-209) 20cm							
Sub-base (P-154) 15cm							
CON'C SLAB 41cm							
Cement stability layer 30cm							
70 cm	71 cm						

안정성 검토를 위해 선정된 지역별 대표 단면은 지반 불안정 위험요소인 숨골을 고려하고 포장층을 적용하여 단면의 단 순화 작업을 실시하였다. 단면 1(A-A')은 SOC 시설중 대형장비 주행로 중심대, 유도로가 위치하고 있고 단면 2(B-B')와 단면 3(C-C')은 대형장비 주차장이 위치하는 곳으로 단면별 포장층의 성질과 지층 분포는 다음 Fig. 3과 같다.

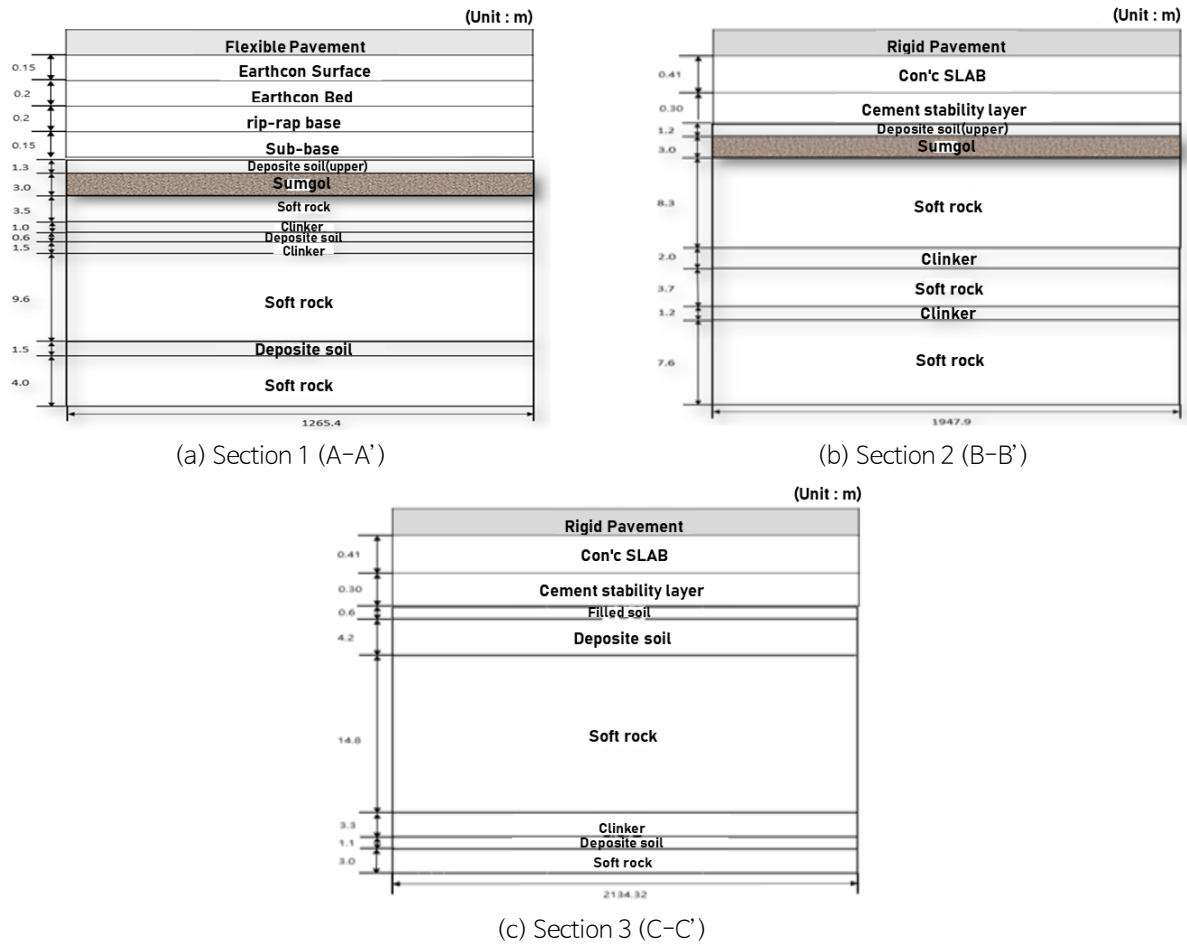


Fig. 3. Final section selection through simplified layers.

대형장비 하중 및 구조물 하중 조건 분석

수치해석에 적용할 하중조건 중 하나인 대형장비 하중은 최대 설계하중 조건의 F급 A380-800 장비로 결정하였으며 (Table 7 참조), 하중 시간 및 접지압은 이륙중량주(TOW) 값을 적용하였다. 해당 대형장비의 타이어 접지 길이 및 접지압은 Table 8과 같다. 최대 대형장비 하중은 F급(A380-800) 대형장비로 결정하였다. 따라서 A380-800의 장비의 타이어 접지압을 계산하여 대형장비 하중으로 사용하였다.

Table 7. Takeoff weight by aircraft type when operating the runway (3,200 m) of Jeju 2nd Airport

Separation	Type		Maximum take-off weight (MTOW)	Take-off weight (TOW)	TOW ÷ MTOW (%)
Airplane	A380-800	F	575 ton	575 ton	100.0%

Table 8. Aircraft tire contact pressure

Separation	Tire contact area (m ²)		Contact pressure (kN/m ²)	
	MTOW	TOW	MTOW	TOW
WV000	1.7442	1.7143	567.6867	577.6035

SOC시설물의 시설소요면적은 현재 제주공항과 비슷한 2,100 m²를 적용하였다. 해당 SOC시설물 하중은 구조 계산을 통한 하중 계산이 불가한 상황으로 1,920 kN을 단위면적당 440 kN/m²의 하중으로 적용하였다. 대형장비와 구조물의 적용 하중, 하중의 작용점 및 안정성 검토를 위한 해석 지점은 단면별 하중 조합을 통해 수치해석 수행에 적용하였다(Table 9 참조).

Table 9. Load element combination and load application point for each section

Separation	Section 1	Section 2		Section 3
Load element	Equipment load	Equipment load	Control tower load	Equipment load
Load value (kN/m ²)	577.6035	577.6035	440	577.6035
Load point (m)	0.85175	0.85175	1,447.9~1,947.9	0.85175

단면별 하중 조건 분석

지역 단면별 용도에 따라 포장층을 적용하였고, 수치해석 모델링에 필요한 각 단면별 하중 요소의 조합과 하중 작용점을 Table 9로 나타내었다. 단면 1, 2, 3에 적용된 대형장비 하중 작용점은 장비 타이어 접지면적을 고려 해석 단면 좌측을 시점으로 0.85175 m 거리로 등분포 정적 하중 조건을 적용하였으며, 단면 2에 적용된 구조물의 하중 작용점은 해석 단면 우측을 기준으로 500 m 거리를 등분포 정적 하중조건으로 적용하였다.

해석 결과

본 장에서는 각 단면별 지반 하중조건을 파악하여 컴퓨터 수치해석 모델링을 통해 응력, 침하량, 변형률을 산정하였다. SOC시설물 전체 부지를 크게 3개의 단면으로 나누어 해석하였다. 각 단면의 지층분포는 보어링자료를 바탕으로 지층 상태를 보정하였고, 구역 별 포장두께를 구분하였다. 하중조건은 최대 대형장비의 타이어 접지압을 계산하여 장비 하중으로

사용하였다. 하중의 작용점은 상부 지표면에 적용하였으며, 구조물 하중의 경우 해석 결과 지점은 구조물의 지간 500 m를 고려하여 단면 시작부로부터 ‘시점(1,447.9 m), 중심점(1,697.9 m), 종점(1,947.9 m)’의 3지점을 선정하였다.

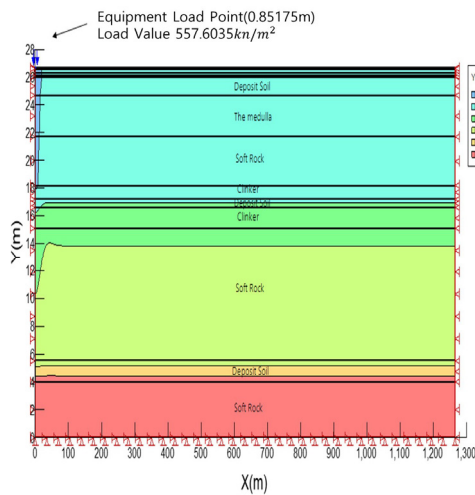
1단면의 경우 대형장비 주행로가 지나가기 때문에 지층분포위의 포장은 연성포장을 하였다. 1단면에는 대형장비 외의 하중조건이 없어 지반의 자중에 장비하중만 작용하여 해석을 실시하였다. 장비 하중이 작용된 지점의 침하량은 -0.11737 m, 전응력은 92.748023 kPa, 변형률은 -0.0000355로 해석되었다.

2단면의 경우 대형장비 주행로와 관제탑을 고려해야 하기 때문에 지층분포위의 포장은 강성포장을 하였다. 2단면에는 대형장비하중과 구조물하중을 고려하여 해석을 실시하였다. 장비 하중이 작용된 지점의 침하량은 0.11737 m, 전응력은 227.12533 kPa, 변형률은 0.028965764로 해석되었다. 구조물 하중은 구조물의 지간 500 m를 고려하여 하중 시점, 중심점, 종점 3지점에 작용하였고 각 지점의 침하량은 시점, 중간점, 종점순으로 0.11763 m, 0.18016 m, 0.18042 m, 전응력은 168.3243 kPa, 445.1155 kPa, 240.7013 kPa, 변형률은 0.020953, 0.05547, 0.05557로 해석되었다.

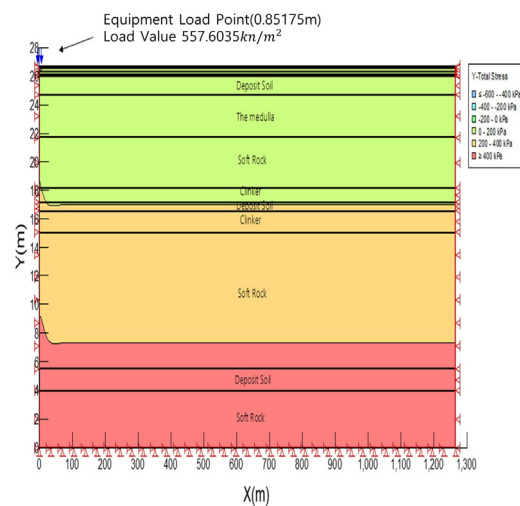
3단면의 경우 대형장비 주차장을 고려해야 하기 때문에 지층분포 위의 포장은 강성포장을 하였다. 3단면에는 대형장비 외의 하중조건이 없어 지반의 자중에 장비하중만 고려하여 해석을 실시하였다. 장비 하중이 작용된 지점의 침하량은 -0.16772 m, 전응력은 240.7013 kPa, 변형률은 0.030081로 해석되었다. 각 단면별 해석 결과는 Table 10 및 Fig. 4와 같이 요약하였다.

Table 10. Result value for each load factor

Separation	Section 1		Section 2			Section 3
	Equipment load	Equipment load	Control tower load			Equipment load
Load element			S.P	I.P	E.P	
Load point (m)	0.85175	0.85175	1,447.9	1,697.9	1,947.9	0.85175
Y-axis settlement (m)	-0.11737	-0.07291	-0.11763	-0.18016	-0.18042	-0.16772
Y-axis total stress (kPa)	92.74802	227.12533	168.32426	445.11546	445.98095	240.70126
Y-axis strain	-0.0000355	0.20289	0.020953	0.05547	0.05557	0.03008

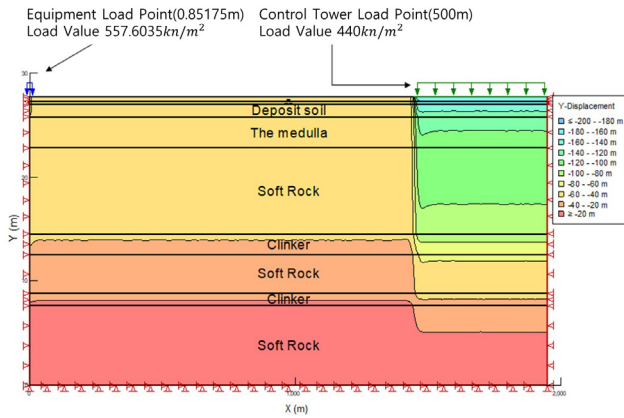


(a) Vertical displacement - Section 1

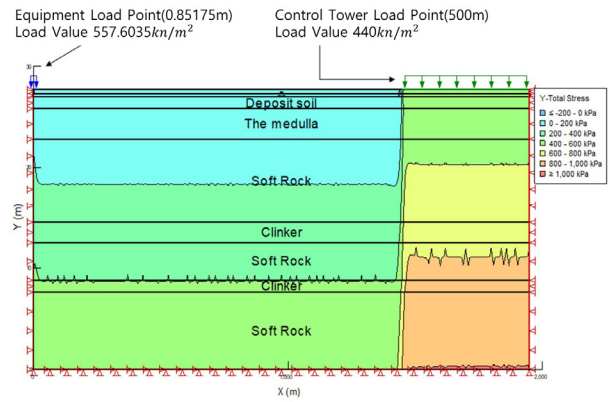


(b) Total stress - Section 1

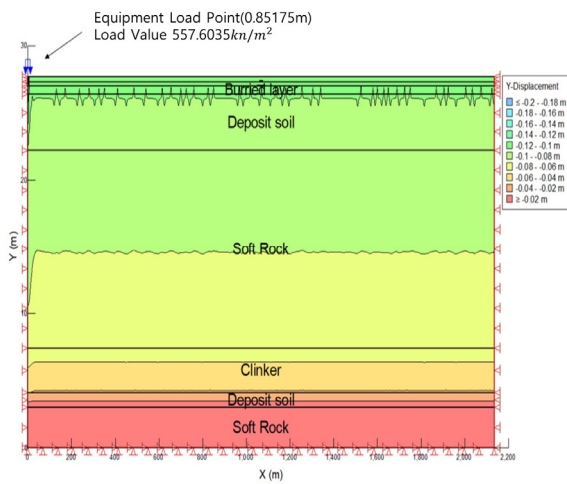
Fig. 4. Analysis results of vertical displacement and total stress.



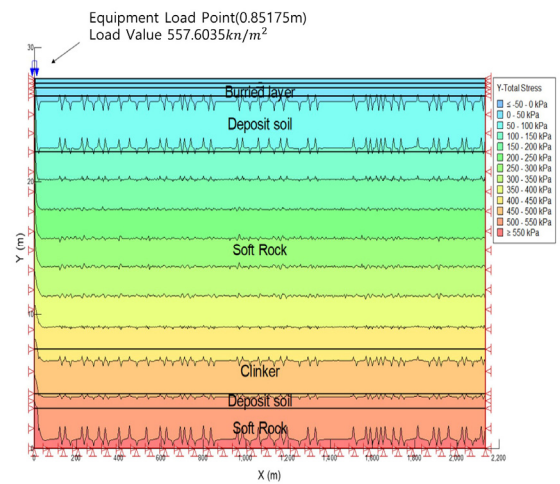
(c) Vertical displacement - Section 2



(d) Total stress - Section 2



(e) Vertical displacement - Section 3



(f) Total stress - Section 3

Fig. 4. Continued.

결론

기존 지반 및 스텝 조사결과에 따른 지반 물성치를 이용하여 제주 SOC시설물 건설에 따른 지반 안정성을 평가하였다. SOC시설물 부지를 3개의 단면으로 나누어 해석하였다. SOC시설물 각 단면별 지반, 하중조건을 파악하여 컴퓨터 수치 해석 모델링을 통해 응력, 침하량, 변형률을 산정하였다. 하중조건은 최대 대형장비의 타이어 접지압을 계산하여 대형장비 하중으로 사용하였고, 구조물 하중의 기간을 고려하여 단면시작부로부터 시점, 중점, 종점의 3지점을 선정하였다. 초기 지중 응력에 의한 변형 파악과 각 하중 조건을 적용한 정적 하중 기반 해석을 수행하였으며, 2D 모델링의 선대칭 해석으로 대형장비 하중 지점은 장비 타이어 접지면의 중심점을 단면의 시점으로, 시설물의 경우 등분포 하중 조건을 설정하여 분석하였다.

- (1) 안정성 검토를 위한 대형장비 및 시설물의 하중 조건은 기본 계획보고서 내 최대 대형장비 하중(F급, A380-800)으로 결정하였다. 제주 SOC시설의 구조물 하중은 구조 계산을 통한 하중 계산이 불가능한 상황으로 1,920 kN을 단위 면적당 440 kN/m²의 하중으로 적용하였다. 대형장비와 구조물의 적용 하중, 하중의 작용점 및 안정성 검토를 위한 해석 지점은 단면별 하중 조합을 통해 수치해석 수행에 적용하였다.

- (2) 대형장비 하중으로 인한 1단면 주행로의 연성포장의 수직침하량은 약 0.1 m, 전응력은 92.7 kPa이며, 2단면의 강성포장 주행로의 경우 장비 하중이 작용된 지점의 침하량은 0.11 m, 전응력은 227.1 kPa로 해석되었다. 3단면계류장 강성포장의 장비 하중으로 인한 침하량은 0.16 m, 전응력은 240.7 kPa로 해석되었다. 지반조건, 하중조건 및 포장의 조건에 의해 강성포장이 연성포장에 비해 침하량 및 전응력이 약간 더 크게 나타났다.
- (3) 구조물 하중은 구조물의 지간 500 m를 고려하여 하중 시점, 중심점, 종점 3지점에 작용하였고 각 지점의 침하량은 시점, 중간점, 종점순으로 0.11 m, 0.18 m, 0.18 m, 전응력은 168.3 kPa, 445.1 kPa, 240.7 kPa로 해석되었다. 이는 연성포장인 주행로의 침하량 및 전응력보다 약간 더 높은 값을 보여준다.
- (4) 본 연구의 단면별 해석결과는 제주 SOC시설물 부지의 1~3단면 모두 지반 보강 없이 해석된 결과이다. 하부지반의 스킴이 존재할 수 있는 경우를 가정하여 지반의 강도 정수 역시 1~3단면 모두 감소시켜 해석하였다. 공극 및 절리가 발달한 제주도의 지반 조건을 고려하여 약액주입 등의 간단한 지반 보강만으로 충분한 지반 안정성을 확보할 수 있다.

References

- Daewoo Engineering, 2008, Jeju Seongsan wind power construction design geotechnical survey.
- Jeju Island, 2014, Geotechnical survey for basic and detailed design of road construction work at Bijarim-ro and other two places.
- KNHC (Korea National Housing Corporation), 2009, Geotechnical survey for detailed design of Jeju Seogwipo innovation city housing site development project.
- Kolon Golbal, 2016, Geotechnical survey for Jeju environmental resource circulation center (reclamation facility) construction project.
- NLIC (National Legal Information Center), 2018a, Airfield facility design manual, Retrieved from <https://www.law.go.kr/LSW/admRulInfoP.do?admRulSeq=2100000123949>.
- NLIC (National Legal Information Center), 2018b, Airfield facility design manual, Retrieved from <https://www.law.go.kr/LSW/admRulInfoP.do?admRulSeq=2100000123975>.
- Yushin Corporation, 2011, Geotechnical survey for detailed design of Jeju healthcare town construction project.